

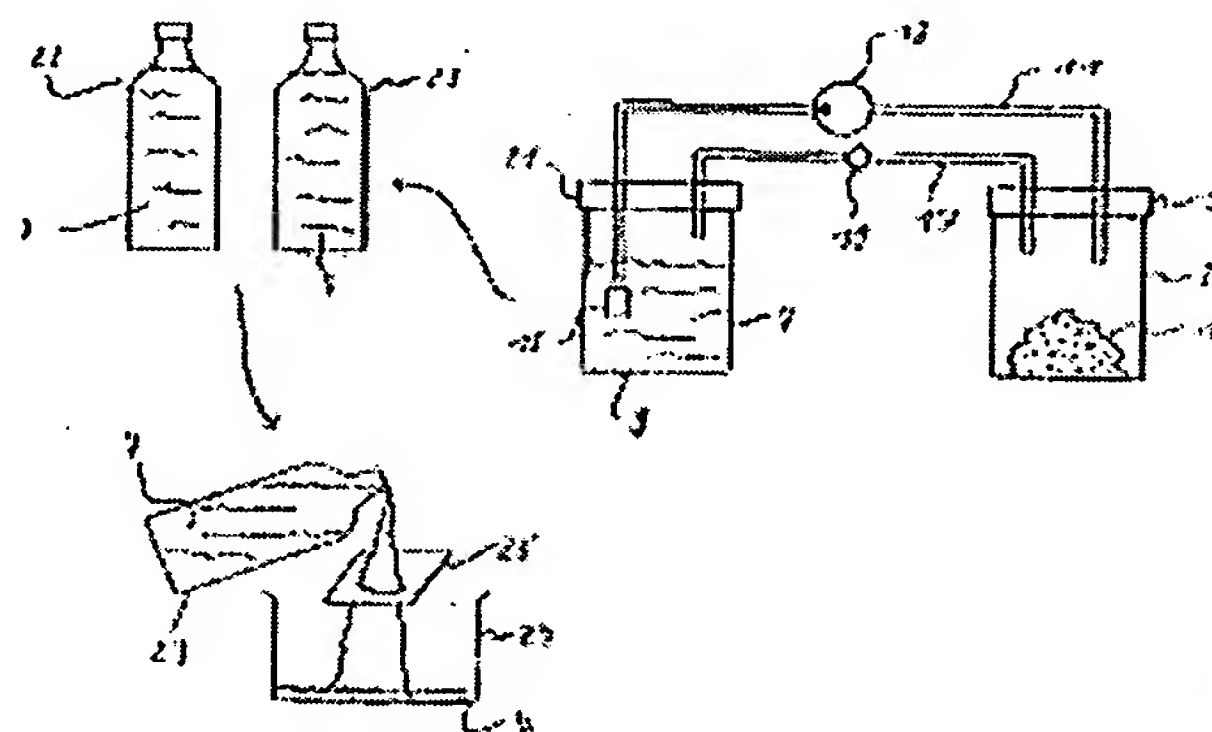
**Radioactive radiator comprises a carrier substrate enriched with radionuclides consisting of Pb-210 and/or Po-210**

**Patent number:** DE10002113  
**Publication date:** 2000-08-10  
**Inventor:** PHILIPSBORN HENNING VON (DE)  
**Applicant:** PHILIPSBORN HENNING VON (DE)  
**Classification:**  
- **International:** G21G4/04; G01T1/16  
- **European:**  
**Application number:** DE20001002113 20000119  
**Priority number(s):** DE20001002113 20000119; DE19991002145 19990120

**Report a data error here**

**Abstract of DE10002113**

Radioactive radiator comprises a carrier substrate (25) enriched with radionuclides consisting of Pb-210 and/or Po-210. An Independent claim is also included for a process for the production of a testing or calibrating radiator comprising enriching a carrier substrate with radionuclides. To prepare at least one part of the radionuclides, a substance (1) releasing Rn-222 into a sealed gas-, especially air-volume so that a substance retaining Rn-222 flows with the gas contained in the volume.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 02 113 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 21 G 4/04**  
G 01 T 1/16

②1 Aktenzeichen: 100 02 113.1  
②2 Anmeldetag: 19. 1. 2000  
④3 Offenlegungstag: 10. 8. 2000

DE 100 02 113 A 1

⑥6 Innere Priorität:  
199 02 145. 7      20. 01. 1999

⑦1 Anmelder:  
Philipsborn, Henning von, Prof. Dr., 93051  
Regensburg, DE

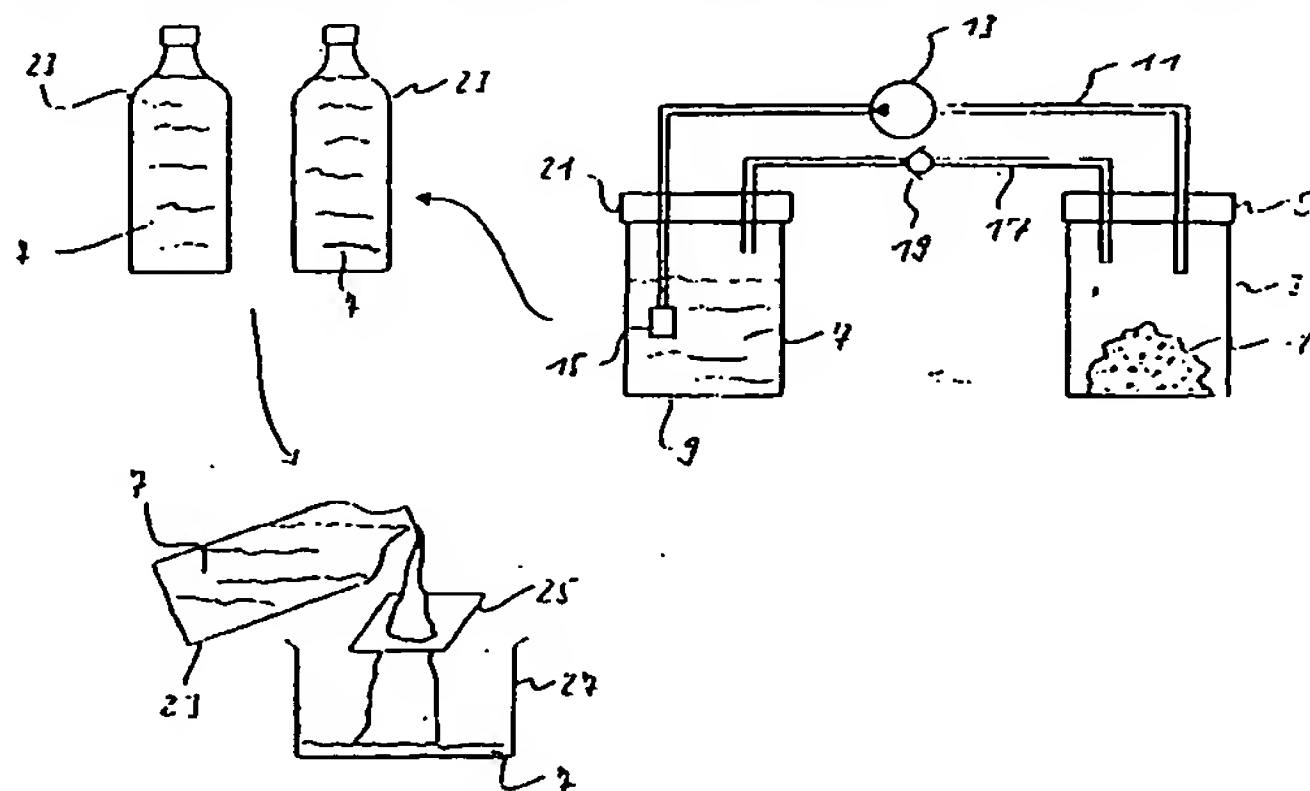
⑦4 Vertreter:  
H. Weickmann und Kollegen, 81679 München

⑦2 Erfinder:  
gleich Anmelder

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤4 Radioaktiver Strahler zur Prüfung oder/und Kalibrierung von Geräten zur Messung ionisierender Strahlung

⑤7 Es wird ein Prüf- oder Kalibrierstrahler für Radioaktivitätsmeßgeräte vorgeschlagen, der ein mit Radionukliden angereichertes Trägersubstrat (25) umfaßt. Erfindungsgemäß enthalten die Radionuklide Blei-210. Zur preisgünstigen und gefahrlosen Herstellung des Strahlers wird bevorzugt zunächst eine Radon-222 freisetzende Substanz (1), etwa eine natürliche Gesteinsprobe, in ein abgeschlossenes Gasvolumen (3) eingebracht und die Radon-222-Konzentration in dem Volumen (3) erhöht. Sodann wird das in dem Volumen (3) enthaltene Gas in ein organisches Lösungsmittel (7) eingeleitet, wodurch das in dem Gas enthaltene Radon-222 in dem Lösungsmittel (7) in Lösung geht. Das Lösungsmittel (7) wird dann über mehrere Tage hinweg gealtert und sodann über ein das Trägersubstrat (25) bildendes Glasfaserfilter (25) gegossen. Alternativ kann das Trägersubstrat auch zeitweilig in dem Lösungsmittel eingelagert werden.



DE 100 02 113 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen radioaktiven Strahler zur Prüfung oder/und Kalibrierung von Geräten zur Messung ionisierender Strahlung, umfassend ein mit Radionukliden angereichertes Trägersubstrat.

Prüf- oder Kalibrierstrahler werden als Referenzstrahler bei der qualitativen oder/und quantitativen Funktionsuntersuchung von Radioaktivitätsmeßgeräten verwendet. Es sind voluminöse Referenzstrahler und flächenhafte Referenzstrahler bekannt. Mit ihnen können aktivitätsbezogene oder/und energetische Referenzmessungen durchgeführt werden. Hierzu enthalten sie oftmals ein Gemisch an Radionukliden, die in unterschiedlichen Energiebereichen strahlen. Beispielfür wird auf einen Prospekt "Geometrie-Referenzstrahler" der Firma Amersham Buchler GmbH & Co. KG, Braunschweig, mit der Nummer 4000/589 R5500, verwiesen, in dem Referenzstrahler mit verschiedenen Nuklidgemischen angeboten werden.

Problematisch an den bisher auf dem Markt angebotenen Referenzstrahlern ist, daß sie meist künstliche Radionuklide enthalten. Zum einen ist der Umgang mit künstlichen Radionukliden in der Regel genehmigungspflichtig. Zum anderen ist die Erzeugung künstlicher Radionuklide teuer. Ferner ist ihre Handhabung problematisch, und es ist ein hoher Aufwand zu betreiben, um den Anforderungen an den Strahlenschutz bei der Herstellung der Referenzstrahler gerecht zu werden.

Aufgabe der Erfindung ist es demnach, einen radioaktiven Strahler bereitzustellen, der mit geringerem Aufwand herstellbar ist.

Erfindungsgemäß ist zur Lösung dieser Aufgabe vorgesehen, daß die Radionuklide Blei-210 oder/und Polonium-210 umfassen.

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, daß Blei-210 und Polonium-210 beim natürlichen Zerfall von Radon-222 entstehen. Letzteres ist in der Natur allgegenwärtig; es findet sich im Boden, im Grundwasser und in der Außenluft. Zur Erzeugung der Blei-210-Nuklide kann deshalb kostensparend auf natürliche Quellen zurückgegriffen werden. Aufgrund der vergleichsweise geringen Konzentration an Radon-222, die man in der Natur antrifft, ist die Arbeit mit solchen natürlichen Quellen im wesentlichen gefahrlos und wird in der Regel keiner Genehmigungspflicht unterliegen.

Mit einer Halbwertszeit von 22,3 Jahren erlaubt Blei-210 die Fertigung langlebiger Referenzstrahler. Zusammen mit dem bei seinem Zerfall entstehenden Polonium-210 lassen sich mit Blei-210 Referenzstrahler fertigen, die das gesamte Spektrum an Kernstrahlungsarten abdecken, nämlich  $\alpha$ -Strahlung,  $\beta$ -Strahlung und  $\gamma$ -Strahlung. Die Halbwertszeit von Blei-210 ist andererseits aber auch hinreichend kurz, damit nicht zu große Mengen an Blei-210 benötigt werden, um ausreichende Aktivitäten zu erhalten. Um beispielsweise eine Aktivität von 28 Bq zu erhalten, werden von Blei-210 nur etwa  $10^{-11}$  g benötigt. Wenn man zum Vergleich Kalium-40 betrachtet, das ebenfalls als natürliches Isotop vorkommt, so bedingt dessen Halbwertszeit von 1,4 Gigajahren ungleich größere Substanzmengen, um gleiche Aktivitäten zu erhalten. Als Zahlenbeispiel werden etwa 1,9 g Kaliumchlorid benötigt, um eine Aktivität von 31 Bq von Kalium-40 zu erhalten.

Zweckmäßigerweise werden die Radionuklide des erfindungsgemäßen Strahlers zumindest zu einem Großteil, insbesondere im wesentlichen ausschließlich der Zerfallsreihe von Radon-222 angehören. Die kurzlebigen Vorläuferprodukte von Blei-210, also Polonium-218, Blei-214, Wismut-214 und Polonium-214, werden dabei aufgrund ihrer geringen Halbwertszeiten im Minuten- bzw. Mikrosekundenbe-

reich anteilmäßig vernachlässigbar sein.

Eine besonders einfache und kostensparende Herstellung des Strahlers ergibt sich dadurch, daß zunächst eine Radon-222 freisetzende Substanz in ein abgeschlossenes Gas-, insbesondere Luftvolumen eingebracht und die Radon-222-Konzentration in dem Volumen erhöht wird, daß sodann eine Radon-222 rückhaltende Substanz mit dem in dem Volumen enthaltenen Gas beströmt wird. Bevorzugt ist hierbei, daß anschließend die Radon-222 rückhaltende Substanz über einen Alterungszeitraum von wenigstens einigen Tagen gealtert wird.

Diese bevorzugte Vorgehensweise beinhaltet eine zweistufige Konzentrationserhöhung. Die erste Stufe ist die Exhalationsphase, in der durch Freisetzung des gasförmigen Radon-222 dessen Konzentration in dem abgeschlossenen Volumen erhöht wird. Die Dauer der Exhalationsphase wird man zweckmäßigerweise in Abhängigkeit vom Exhalationsgrad der Radon-222 freisetzenden Substanz, von deren Menge und von dem Gasvolumen wählen. Die zweite Stufe ist die Alterungsphase, in der die Blei-210-Konzentration der Radon-222 rückhaltenden Substanz erhöht wird. Während des Alterungszeitraums zerfallen dabei große Mengen des rückgehaltenen Radon-222 mit einer Halbwertszeit (HWZ) von 3,8 Tagen zu den kurzlebigen Radonzerfallsprodukten und diese zum langlebigen Blei-210. Im Falle einer Flüssigkeit als rückhaltender Substanz kann ein dritter Konzentrationsschritt darin bestehen, daß das in der Flüssigkeit enthaltene Blei-210 auf ein Filter übertragen wird.

Um die Radon-222 rückhaltende Substanz hinreichend mit Blei-210 anzureichern, sollte der Alterungszeitraum wenigstens 10 Tage, vorzugsweise wenigstens 15 Tage und höchstvorzugsweise wenigstens 19 Tage (entsprechend 5 Halbwertszeiten von Radon-222) betragen.

Aus Gründen des Ressourcen- und Umweltschutzes empfiehlt es sich, daß bei der Bestromung der Radon-222 rückhaltenden Substanz mit dem in dem Volumen enthaltenen Gas dieses in einem geschlossenen Kreislauf geführt wird. Um die Ausbeute des Herstellungsprozesses zu optimieren, sollte die Radon-222 rückhaltende Substanz zumindest während eines Teils des Alterungszeitraums in einem gasdicht abschließbaren Behältnis aufbewahrt werden, so daß desorbiertes Radongas nicht entweichen kann.

Als Radon-222 rückhaltende Substanz kann eine Flüssigkeit verwendet werden, in der das in dem Volumen enthaltene Gas gelöst wird. Die Flüssigkeit kann nach Verstreichen des Alterungszeitraums dann in Kontakt mit dem Trägersubstrat gebracht werden, kann einfach gelagert und kann sogar in Flaschen versandt werden. Als Flüssigkeit eignet sich grundsätzlich Wasser, wenngleich dessen Löslichkeit für Radon-222 eher gering ist. Höhere Löslichkeiten besitzen organische Lösungsmittel, wobei speziell an Alkohole gedacht wird. Äthanol, insbesondere denaturiertes Äthanol, zeichnet sich durch seine besondere Preisgünstigkeit aus und besitzt bei einer Temperatur von 20°C eine um das 24fache höhere Löslichkeit für Radon-222 als Wasser.

Um das gebildete Blei-210 aus der Flüssigkeit konzentriert auf das Trägersubstrat zu überführen, kann das Trägersubstrat von einem Filter gebildet sein, mit dem die Flüssigkeit nach Verstreichen des Alterungszeitraums filtriert wird. Für flächenhafte Referenzstrahler wird das Filter zweckmäßigerweise als Filterblatt ausgeführt sein. Fasermaterialien haben sich für das Filter als geeignet erwiesen. Insbesondere mit Glasfaserfiltern wurden gute Ergebnisse erzielt. Es hat sich nämlich unerwarteterweise gezeigt, daß nicht nur die kurzlebigen Zerfallsprodukte von Radon-222 an den Glasfasern adsorbiert werden (wie in "Efficient Adsorption of Waterborne Short-Lived Radon Decay Products by Glass Fiber Filters", H. von Philipsborn. Health Physics, Febr. 1997,



Band 72, Nr. 2, Seiten 277-281, beschrieben), sondern auch das langlebige Zerfallsprodukt Blei-210, unerwartet deshalb, weil die starke Adsorption der kurzlebigen Zerfallsprodukte in Zusammenhang mit deren "heißen" Charakter gebracht wurde. Besonders gute Ergebnisse haben sich mit Glasfaserfiltern eingestellt, die von der Firma Macherey-Nagel unter der Typenbezeichnung "MN Glasfaserfilter", beispielsweise MN 85/90, vertrieben werden. Alternativ zu Glasfaserfiltern sind beispielsweise Kohlefaserfilter oder Aktivkohlefilter denkbar. Aus den mit Blei-210 versehenen Filtern können mühelos Referenz- und Kalibrierstrahler beliebiger Geometrien, beispielsweise rohr- oder zylinderförmig, gefertigt werden.

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung sieht vor, daß das Filter nach Filtration der Flüssigkeit über einen Zeitraum von wenigstens 5 Monaten, vorzugsweise wenigstens 9 Monaten, weiter gealtert wird. Durch eine solche Alterung bzw. Lagerung der mit Blei-210 beladenen Filter werden besonders gute Prüf- und Kalibrierstrahler für  $\alpha$ -Strahlung erhalten. Dies gilt unabhängig von der Art des verwendeten Trägersubstrats. Aus dem  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahler Blei-210 entsteht nämlich über Wismut-210 als relativ kurzlebiges Zwischenprodukt der  $\alpha$ -Strahler Polonium-210, der eine Halbwertszeit von etwa 138 Tagen aufweist. Die weitere Alterung für zwei Halbwertszeiten oder mehr führt daher zu einem für Prüf- und Kalibrierzwecke besonders gut geeigneten  $\alpha$ -Strahler.

Die oben angesprochene zweite Stufe der Konzentrationserhöhung erfordert nicht notwendigerweise ein Zwischenmedium wie die Flüssigkeit. Vielmehr kann das Trägersubstrat selbst die Radon-222 rückhaltende Substanz bilden und mit dem in dem Volumen enthaltenden Gas bestrahlt werden. In diesem Fall ist das Trägersubstrat dem Alterungsprozeß zu unterwerfen. Ein Alterungszeitraum von wenigstens 10 Tagen führt zu einer brauchbaren Blei-210-Konzentration im Trägersubstrat. Um jedoch auch hier eine hinreichend konstante  $\alpha$ -Strahlung zu erreichen, läßt sich vorsehen, daß das Trägersubstrat nach der Bestrahlung über einen Zeitraum von wenigstens 5 Monaten, vorzugsweise wenigstens 9 Monaten, weiter gealtert wird. Als Material, das in der Lage ist, das gasförmige Radon-222 zu adsorbieren, empfiehlt sich insbesondere Aktivkohle. Vorstellbar ist es, die Aktivkohle anschließend zu zerbröseln und in eine Kunststoffmatrix einzubetten. Auf diese Weise können auch mit Aktivkohle als Trägersubstrat flächenhafte oder voluminöse Referenzstrahler beliebiger Form gefertigt werden.

Wenn als Radon-222 rückhaltende Substanz eine Flüssigkeit verwendet wird, so kann in einer weiteren Ausführungsform der Erfindung vorgesehen sein, daß das Trägersubstrat in der mit dem Gas beladenen Flüssigkeit gelagert wird. Dies erlaubt ein Eindiffundieren von Radon-222 und seinen Zerfallsprodukten in das Trägersubstrat. Beispielsweise kann das Substrat in mit Radon-222 beladenem Äthanol in einem geschlossenen Gefäß gelagert werden, so daß in effizienter Weise eine Anreicherung des Substrats mit Radon-222 erfolgt. Wenn das Trägersubstrat hierbei wenigstens fünf Monate in der Flüssigkeit gelagert wird, so resultiert in der oben bereits erläuterten Weise ein für  $\alpha$ -Strahlung geeigneter Strahler.

Bei der Herstellung von Prüf- und Kalibrierstrahlern ist es wünschenswert, die Flächenaktivitätskonzentrationen bzw. Volumenaktivitätskonzentrationen der enthaltenen Isotope, hier insbesondere Blei-210 und Polonium-210, möglichst genau und reproduzierbar einzustellen. Das letztere Verfahren einer Lagerung des Trägersubstrats in der radonbeladenen Flüssigkeit bietet den Vorteil, daß zu diesem Zweck z. B. der Zeitraum der Lagerung in der Flüssigkeit vorbestimmt gewählt werden kann. Hierbei ist zu bedenken, daß

ein guter  $\alpha$ -Strahler auch hergestellt werden kann, wenn das Trägersubstrat über einen relativ kurzen Zeitraum, z. B. zwei bis drei Wochen, in der Flüssigkeit gelagert wird, da man das Trägersubstrat anschließend auch außerhalb der Flüssigkeit zur Konzentrationserhöhung von Polonium-210 weiter altern kann, da Radon-222 und seine Zerfallsprodukte einschließlich Blei-210 bei Verwendung eines entsprechenden Trägersubstrats dann schon eindiffundiert sind.

Ein zum Eindiffundieren geeignetes Trägersubstrat läßt sich beispielsweise aus Kunststoffmaterial (z. B. Polystyrol) bilden. Experimentell erfolgreich erprobt wurde bereits das Eindiffundieren in eine z. B. 1 mm dicke Kunststoffplatte, die für etwa 9 bis 10 Monate in radonbeladenem Äthanol gelagert wurde. Die Form und Fläche (z. B.  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  und größer) läßt sich praktisch beliebig wählen. Auf diese Weise resultieren dann Flächenaktivitätskonzentrationen von Blei-210 und Polonium-210, wie sie für Prüf- und Kalibrierstrahler erwünscht sind. Die probeweise hergestellten Strahler bestanden den vorgeschriebenen trockenen und feuchten Wischtest und sind darüber hinaus abriebfest.

Die insgesamt über einen längeren Zeitraum (z. B. 9 bis 12 Monate) gealterten Strahler sind sehr langlebige  $\alpha$ -Strahler, da ausgehend von Blei-210 über Wismut-210 der  $\alpha$ -Strahler Polonium-210 über sehr lange Zeit nachgeliefert wird.

Gefahrlos und unproblematisch handhabbar und zudem billig ist eine natürliche Bodenprobe als Radon-222 freisetzende Substanz. Viele Minerale, Gesteine und Erden enthalten natürlicherweise Uran-238 oder/und Radium-226 und haben einen hinreichenden Exhalationsgrad, um in geschlossenen Gefäßen hohe Konzentrationen an Radongas zu erzeugen. Ihr natürliches Vorkommen macht den Umgang mit ihnen genehmigungsfrei. Zu nennen sind beispielsweise Oberpfälzer Erde, Pechblende, Uranminerale und Granit.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der beigelegten Zeichnungen näher erläutert. In schematischer Weise stellen dar:

Fig. 1 ein Verfahren zur Herstellung eines flächenhaften Referenzstrahlers, bei dem eine Filtration von radonbeladener Flüssigkeit vorgesehen ist, und

Fig. 2 ein abgewandeltes Verfahren, bei dem eine Lagerung des Trägersubstrats in radonbeladener Flüssigkeit vorgesehen ist.

Beschrieben wird zunächst mit Bezug auf Fig. 1 die Verwendung eines organischen Lösungsmittels als rückhaltende Substanz für Radon-222. Für die Verwendung von Aktivkohle als rückhaltende Substanz gilt entsprechendes. Das Verfahren beginnt damit, daß eine Radongas exhalierende Gesteins- oder Erdprobe 1 in einen gasdicht abschließbaren Behälter 3 eingebracht und letzterer geschlossen wird. Als Behälter 3 kann ein mittels eines Deckels 5 verschließbarer Plastikkußel verwendet werden. Bei Fertigung in industriellem Maßstab kann selbstverständlich auch ein Metallkessel verwendet werden. Die Probe 1 setzt in dem zweckmäßigerweise luftgefüllten Behälter 3 gasförmiges Radon-222 frei, wodurch sich dessen Konzentration in dem Behälter 3 mit der Zeit erhöht. Nach Verstreichen einer vorbestimmten Zeit oder nach Erreichen einer vorbestimmten Konzentration, die mit herkömmlichen Meßgeräten ohne weiteres meßtechnisch erfaßt werden kann, wird die in dem Behälter 3 enthaltene und mit Radon-222 angereicherte Luft aus dem Behälter 3 abgesaugt und in ein organisches Lösungsmittel 7 eingeleitet, das in einen weiteren Behälter 9 eingefüllt ist. Hierzu sind die beiden Behälter 3, 9 durch eine Absaugleitung 11 miteinander verbunden, in die eine Pumpe 13 eingefügt ist. Beide Enden der Absaugleitung 13 reichen abgedichtet in ihren jeweiligen Behälter hinein, wobei das in den Behälter 9 eingeführte Ende der Absauglei-

lung 11 bis unter den Flüssigkeitsspiegel des Lösungsmittels 7 reicht. An diesem Ende schließt ein Vergasungselement 15 an die Absaugleitung 11 an, das zur Begasung des Lösungsmittels 7 mit der aus dem Behälter 3 abgesaugten Luft dient. Bei dem Begasungselement 15 kann es sich beispielsweise um einen Blasenstein handeln, wie er von Aquarien her bekannt ist. Eine Rückleitung 17 leitet die in den Behälter 9 gebrachte Luft nach ihrer Entgasung aus dem Lösungsmittel 7 zurück in den Behälter 3. Dabei kann ein Rückschlagventil 19 in die Rückleitung 17 eingefügt sein, um Luftströme entgegen der Zirkulationsrichtung zu verhindern. Die beiden Behälter 3, 9 bilden mit den Leitungen 11, 17 einen in sich abgeschlossenen Luftkreislauf. Der Behälter 9 kann ebenfalls mit einem Deckel 21 verschließbar sein, durch den die beiden Leitungen 11, 17 hindurchgeführt sind. Zur Bildung der Leitungen 11, 17 können die Deckel 5, 21 mit Steck- oder Schraubanschlüssen für entsprechende Leitungsrohre oder -schläuche versehen sein.

Das Lösungsmittel 7 löst das Radon-222, das in der in den Behälter 9 gepumpten Luft enthalten ist. Die Dauer der Begasung kann auf Meß- oder Erfahrungswerten beruhen und wird von der Menge der Probe 1, dem Luftvolumen des Behälters 3 und dem Volumen und dem Löslichkeitskoeffizienten des Lösungsmittels 7 abhängen. Nach der Begasung wird das Lösungsmittel 7 in gasdicht verschließbare Aufbewahrungsgefäße 23 abgefüllt und darin gealtert. Die Gefäße 23 können beispielsweise Flaschen aus Polyethylenterephthalat (PET) sein. Während der Alterung sollten die Gefäße 23 verschlossen sein, damit nicht zu große Mengen an Radon-222 aus dem Lösungsmittel 7 desorbieren. Als Gefäß zur Alterung kann auch direkt das Gefäß 9 dienen, nachdem der Deckel 21 ggf. durch einen gasdichten Deckel ohne Durchführungen ausgetauscht wurde. Die Alterung erfolgt über einen Zeitraum, der ausreicht, damit aus dem gelösten Radon-222 durch Zerfall hinreichende Mengen an Blei-210 entstehen. Wenn man bedenkt, daß sich nach Abtrennung der Radonzufuhr zu dem Lösungsmittel 7 die anfängliche Aktivität von Radon-222 und die durch Alterung maximal erreichbare Aktivität von Blei-210 im wesentlichen umgekehrt proportional zu ihren Halbwertszeiten verhalten, empfiehlt es sich, einen Alterungszeitraum von mehreren Halbwertszeiten von Radon-222 (3,8 Tage) abzuwarten, bevor die in den Gefäßen 23 aufbewahrte Flüssigkeit weiterverarbeitet wird. In der Praxis hat sich eine Wartezeit von 19 Tagen als hinreichend erwiesen. Nach dieser Zeit ist die Aktivität von Radon-222 auf  $1/32$  ihres Anfangswerts abgesunken und die Aktivität von Blei-210 in entsprechendem Maße (siehe oben) angestiegen. Selbstverständlich kann das Lösungsmittel 7 in den Gefäßen 23 auch länger gelagert werden.

Nach hinreichender Alterung des Lösungsmittels 7 wird es bei dem Verfahren nach Fig. 1 mit einem Filterblatt 25 filtriert, das das zwischenzeitlich entstandene Blei-210 adsorbiert. Eine hohe Adsorptionfähigkeit haben Glasfaserfilter gezeigt. Das Lösungsmittel 7 sollte gleichmäßig verteilt auf das gesamte Filterblatt 25 geschüttet werden, um eine gleichbleibende Aktivitätskonzentration über die gesamte Fläche des Filterblatts 25 zu erhalten. Das von dem Filterblatt 25 ablaufende Lösungsmittel 7 wird zweckmäßigerweise in einem Auffanggefäß 27 aufgefangen und kann anschließend der Wiederverwendung zugeführt werden. So kann auch für das Lösungsmittel 7 ein geschlossenes Kreislaufsystem eingerichtet werden. Die gesamte Herstellungsprozedur ist demnach sehr umweltschonend und bedarf nur eines geringen Materialaufwands.

Bei einer alternativen Ausführungsform wird das Verfahren nach Alterung des Lösungsmittels 7 fortgesetzt, wie es in Fig. 2 dargestellt ist. In dieser Figur sind analoge Kompo-

nenten mit den gleichen Bezugszahlen, jedoch ergänzt durch den Buchstaben a, bezeichnet. Das radonbeladene Lösungsmittel 7a wird bei dieser Ausführungsvariante in ein Gefäß 27a gegossen, in welchem ein als Kunststoffplatte ausgeformtes Trägersubstrat 25a gehalten ist. Nach Befüllung des Behälters 27a wird dieser durch einen Deckel 21a gasdicht verschlossen und wenigstens einige Tage gelagert, so daß Radon-222 und mehr oder weniger auch seine Zerfallsprodukte in die Kunststoffplatte 25a eindiffundieren.

Nachdem es mit dem Lösungsmittel 7 bzw. 7a begossen wurde, wird das Trägersubstrat (Filterblatt 25 bzw. die Kunststoffplatte 25a) getrocknet. Dies kann an der freien Luft erfolgen, insbesondere dann, wenn sich schnell verflüchtigende Alkohole als Lösungsmittel verwendet werden. Die Trocknung kann jedoch auch durch eine spezielle Trocknungseinrichtung unterstützt werden. Nach der Trocknung kann das Trägersubstrat noch mit einer Schutzfolie abgedeckt oder in anderer Weise ummantelt werden. Die in den Trägersubstrat neben dem erwünschten langlebigen Blei-210 ebenfalls mit adsorbierten restlichen unerwünschten kurzlebigen Radonzerfallsprodukte zerfallen mit einer mittleren Halbwertszeit von 30 Minuten.

Die Herstellung von Kalibrierstrahlern mit vorgegebener flächenbezogener Aktivität kann durch geeignete Wahl der Größe des Trägersubstrats 25 bzw. 25a, das hierzu ggf. zugeschnitten werden muß, erfolgen. Bei Verwendung eines Filterblatts (Fig. 1) kann zudem die Menge an Lösungsmittel, die über das Filterblatt 25 gegossen wird, entsprechend gewählt werden. Bei einer Einlagerung des Trägersubstrats (Fig. 2) läßt sich die Dauer der Einlagerung geeignet wählen. Die gewünschte Einstellung der Aktivität gelingt besonders gut, wenn aufgrund empirischer Erfahrungen oder meßtechnischer Untersuchungen bekannt ist, welche Aktivitäten von Blei-210 nach der Alterung in dem Lösungsmittel in den Gefäßen 23 bzw. 23a enthalten sind.

Zur Herstellung von Prüf- und Kalibrierstrahlern für  $\alpha$ -Strahlung kann das Filter 25 bzw. die Kunststoffplatte 25a nachträglich noch für neun Monate oder mehr gelagert werden. Bei der Verfahrensvariante nach Fig. 2 bietet es sich an, diese Alterung zu realisieren, indem die Einlagerung der Kunststoffplatte 25a in der Flüssigkeit 7a über einen Zeitraum von mehreren Monaten erfolgt.

Abschließend ist zu bemerken, daß das Gefäß 9 nicht nur zur Beladung der Flüssigkeit mit Radon-222 und gewünschtenfalls zur Alterung der beladenen Flüssigkeit dienen kann, sondern gleichzeitig auch als Gefäß, in welchem die Lagerung der Kunststoffplatte 25a (zur Eindiffusion von Radon-222 bzw. Blei-210) und gewünschtenfalls auch eine weitere Alterung der Kunststoffplatte 25a (zur Bildung von Polonium-210) durchgeführt wird.

#### Patentansprüche

1. Radioaktiver Strahler zur Prüfung oder/und Kalibrierung von Geräten zur Messung ionisierender Strahlung, umfassend ein mit Radionukliden angereichertes Trägersubstrat (25), dadurch gekennzeichnet, daß die Radionuklide Blei-210 oder/und Polonium-210 umfassen.
2. Strahler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Radionuklide zumindest zu einem Großteil, insbesondere im wesentlichen ausschließlich der Zerfallsreihe von Radon-222 angehören.
3. Strahler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung des Strahlers zunächst eine Radon-222 freisetzende Substanz (1) in ein abgeschlossenes Gas-, insbesondere Luftvolumen (3) eingebracht und die Radon-222-Konzentration in dem Volu-



men (3) erhöht wird, und daß sodann eine Radon-222 rückhaltende Substanz (7) mit dem in dem Volumen (3) enthaltenen Gas beströmt wird.

4. Strahler nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bestromung der Radon-222 rückhaltenden Substanz (7) mit dem in dem Volumen (3) enthaltenen Gas dieses in einem geschlossenen Kreislauf geführt wird.

5. Strahler nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Radon-222 rückhaltende Substanz (7) nach der Bestromung über einen Alterungszeitraum von wenigstens einigen Tagen gealtert wird.

6. Strahler nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Alterungszeitraum wenigstens 10 Tage, vorzugsweise wenigstens 15 Tage und höchstvorzugsweise wenigstens 19 Tage beträgt.

7. Strahler nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Radon-222 rückhaltende Substanz (7) zumindest während eines Teils des Alterungszeitraums in einem gasdicht abschließbaren Behältnis (23) aufbewahrt wird.

8. Strahler nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Radon-222 rückhaltende Substanz (7) nach Verstreichen des Alterungszeitraums in Kontakt mit dem Trägersubstrat (25) gebracht wird.

9. Strahler nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Radon-222 rückhaltende Substanz (7) eine Flüssigkeit verwendet wird, in der das in dem Volumen (3) enthaltene Gas gelöst wird.

10. Strahler nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß als Flüssigkeit (7) ein organisches Lösungsmittel verwendet wird.

11. Strahler nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß als organisches Lösungsmittel (7) ein Alkohol, insbesondere Äthanol, verwendet wird.

12. Strahler nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägersubstrat (25) von einem Filter gebildet ist, mit dem die Flüssigkeit (7) nach Verstreichen des Alterungszeitraums filtriert wird.

13. Strahler nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Filter (25) als Filterblatt ausgeführt ist.

14. Strahler nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Filter (25) aus Fasermaterial, insbesondere Glasfasermaterial gefertigt ist.

15. Strahler nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Filter (25) nach Filtration der Flüssigkeit über einen Zeitraum von wenigstens 5 Monaten, vorzugsweise wenigstens 9 Monaten, weiter gealtert wird.

16. Strahler nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägersubstrat die Radon-222 rückhaltende Substanz bildet und mit dem in dem Volumen enthaltenen Gas beströmt wird.

17. Strahler nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägersubstrat nach Bestromung über einen Zeitraum von wenigstens 5 Monaten, vorzugsweise wenigstens 9 Monaten, weiter gealtert wird.

18. Strahler nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägersubstrat in der mit dem Gas beladenen Flüssigkeit gelagert wird.

19. Strahler nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägersubstrat über einen Zeitraum von wenigstens 5 Monaten, vorzugsweise wenigstens 9 Monaten, in der Flüssigkeit gelagert wird.

20. Strahler nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägersubstrat über einen Zeitraum von wenigstens 1 Woche, bevorzugt 2 bis 3 Wochen, in der Flüssigkeit gelagert wird und anschließend über einen

Zeitraum von 5 Monaten, vorzugsweise wenigstens 9 Monaten, weiter gealtert wird.

21. Strahler nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägersubstrat aus Kunststoffmaterial gebildet ist.

22. Strahler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägersubstrat Aktivkohle umfaßt.

23. Strahler nach einem der Ansprüche 3 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß als Radon-222 freisetzende Substanz (1) eine natürliche Bodenprobe verwendet wird.

24. Verfahren zur Herstellung eines Prüf- oder Kalibrierstrahlers für Radioaktivitätsmeßgeräte, bei dem ein Trägersubstrat mit Radionukliden angereichert wird und zur Bereitstellung mindestens eines Teils der Radionuklide zunächst eine Radon-222 freisetzende Substanz (1) in ein abgeschlossenes Gas-, insbesondere Luftvolumen (3) eingebracht und die Radon-222-Konzentration in dem Volumen (3) erhöht wird, sodann eine Radon-222 rückhaltende Substanz (7) mit dem in dem Volumen (3) enthaltenen Gas beströmt wird, gewünschtenfalls in Verbindung mit weiteren Merkmalen mindestens eines der Ansprüche 4 bis 23.

25. Verwendung einer Flüssigkeit, in der konzentriertes Radon-222 gelöst ist, zur Herstellung eines Prüf- oder Kalibrierstrahlers für Radioaktivitätsmeßgeräte, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 24.

26. Verwendung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit in einem gasdicht verschließbaren Kunststoffgefäß, insbesondere einer Polyethylenterephthalat-Flasche, aufbewahrt wird.

27. Verwendung nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit ein organisches Lösungsmittel, insbesondere Äthanol, ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

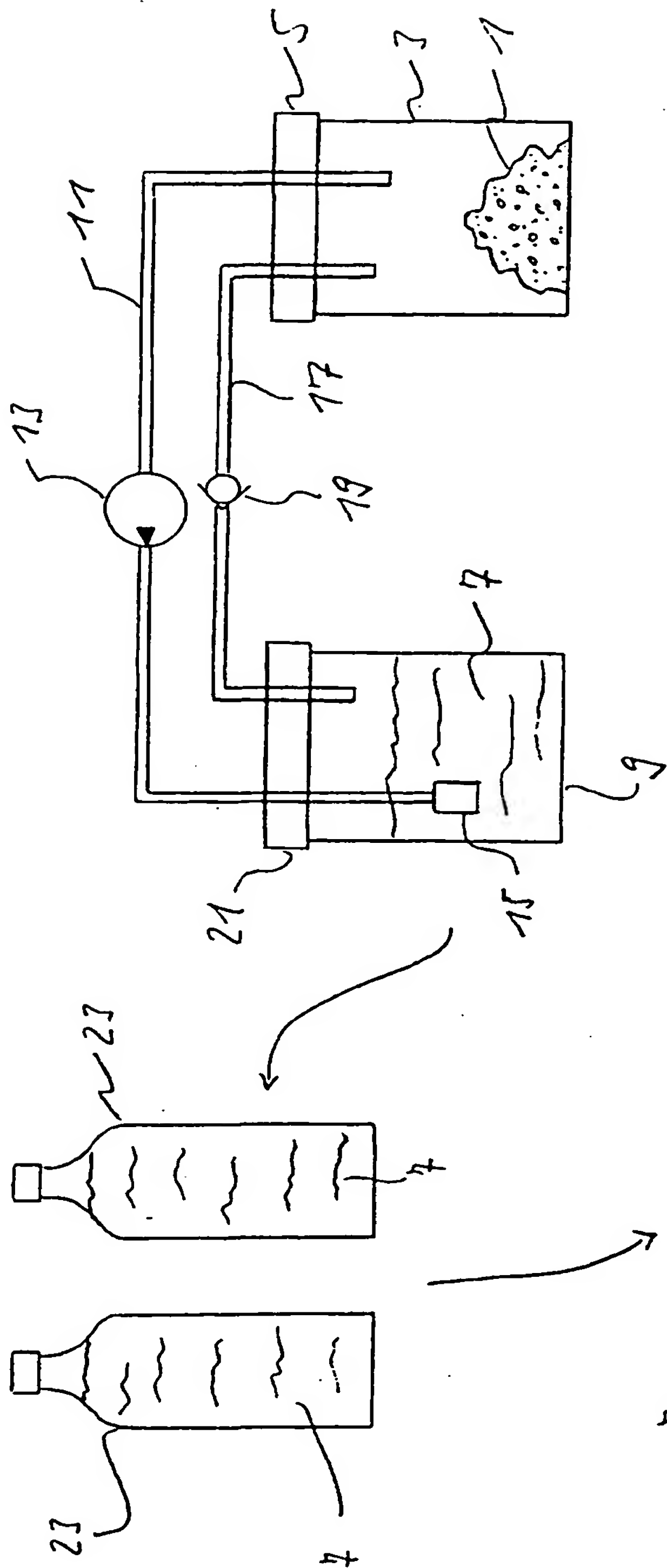
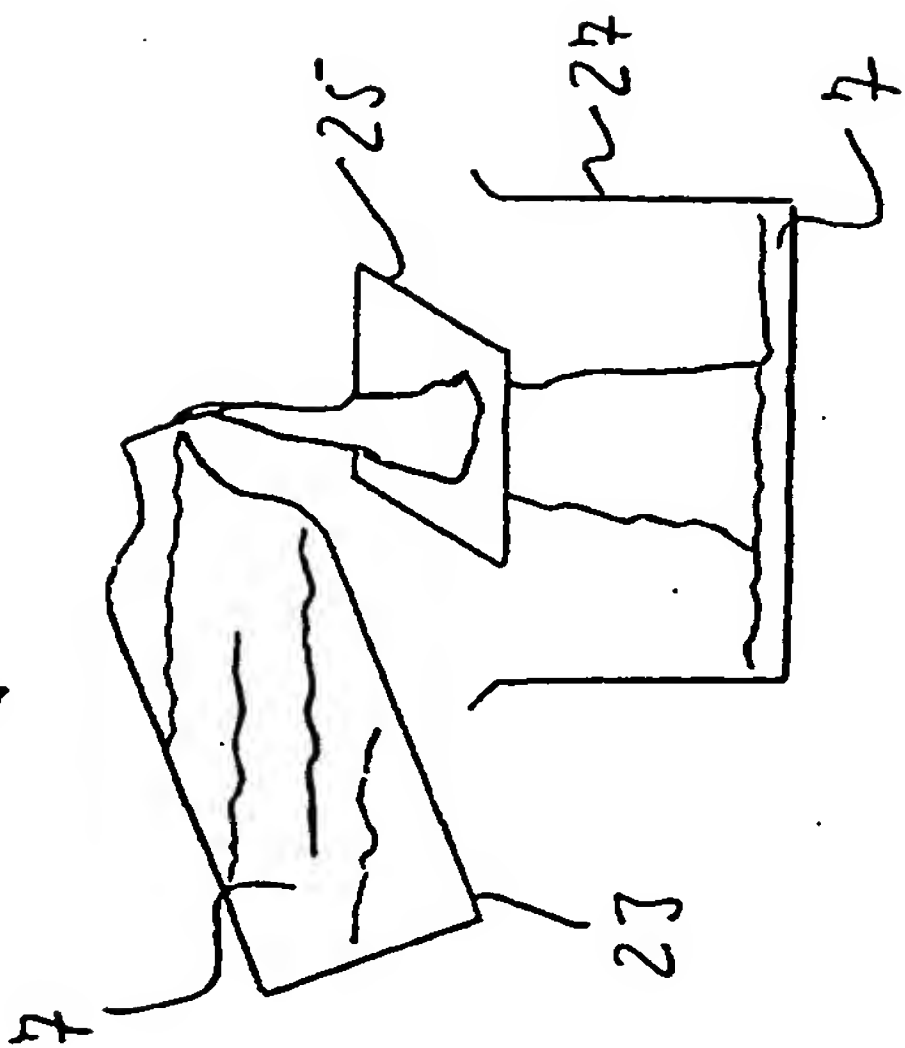


Fig. 1





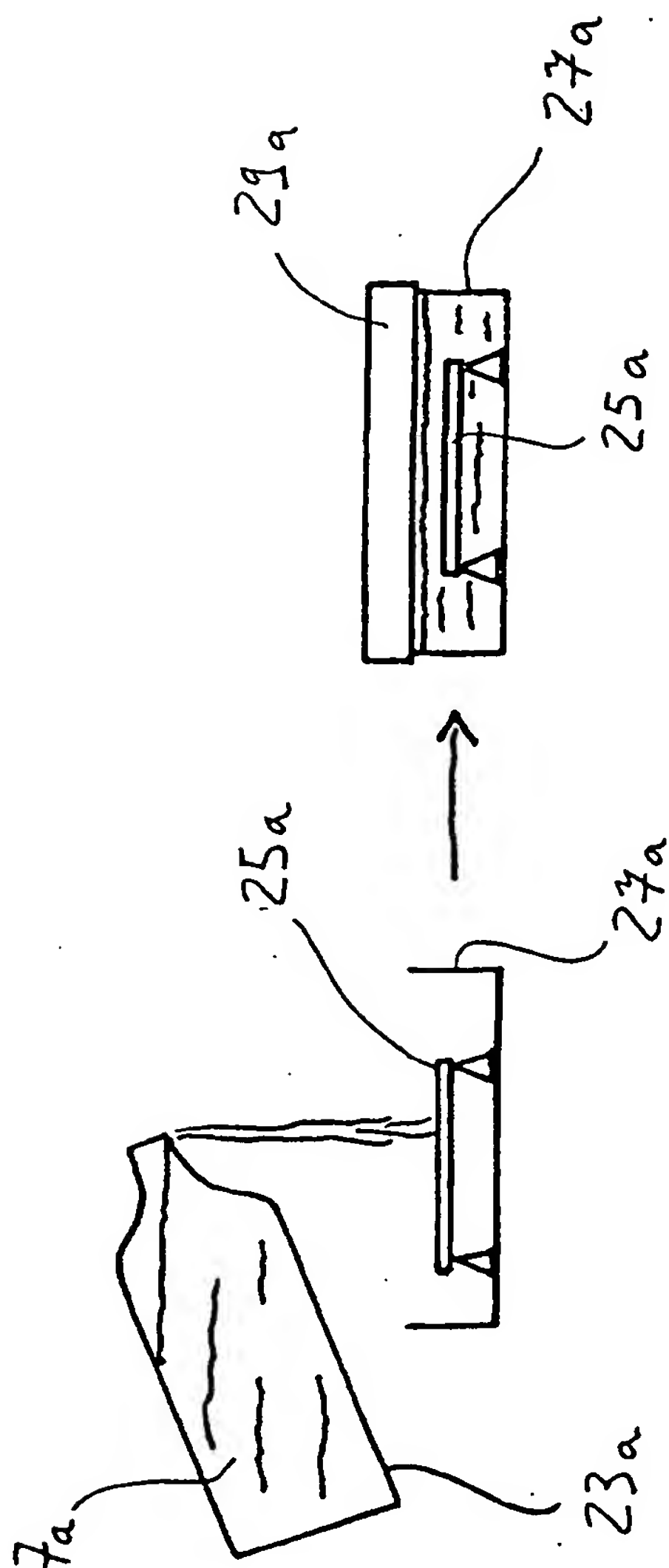


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**